

## Analysis of coal quality as fuel for steam power plants in Langkat Regency based on the proximate test

Alfath Khoir Nst\*, Muhammad Sayuthi, Yasir Amani, Muhammad Habibi, Faisal, Heindrix Hidayat

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

\*Corresponding author: [alfath.200120027@mh.s.unimal.ac.id](mailto:alfath.200120027@mh.s.unimal.ac.id)

### Article Processing Dates:

Received 2025-07-12

Accepted 2025-09-27

Available online 2025-09-30

### Keywords:

Coal

Mesh

Proximate

Quality

### Abstract

Coal quality assessment is crucial for determining its suitability as a fuel for power generation and industrial applications. Such evaluation generally involves proximate and ultimate analyses. The proximate analysis provides information on moisture, volatile matter, fixed carbon, and ash content, whereas the ultimate analysis identifies elemental composition such as carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, and sulfur. Geological factors, including age, temperature, and pressure during formation, strongly influence coal quality. This study aims to evaluate the effect of particle size on coal quality using grain sizes of 40 and 60 mesh, analyzed according to ASTM standard procedures. The results indicate that coal with a grain size of 40 mesh contains, on average, 22.22% moisture, 5.83% ash, 37.54% volatile matter, and 34.15% fixed carbon. In contrast, coal with a grain size of 60 mesh exhibits 20.45% moisture, 6.80% ash, 42.77% volatile matter, and 29.99% fixed carbon. These findings highlight the significant influence of particle size on the proximate characteristics of coal, which can affect its combustion behavior and potential applications in power plants and other industries.

## Analisa kualitas batubara sebagai bahan bakar PLTU di Kabupaten Langkat berdasarkan uji proksimat

**Abstrak** Penilaian kualitas batubara sangat penting untuk menentukan kesesuaiannya sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik maupun aplikasi industri. Evaluasi tersebut umumnya melibatkan analisis proksimat dan ultimat. Analisis proksimat memberikan informasi mengenai kadar air, zat terbang, karbon tertambat, dan kadar abu, sedangkan analisis ultimat mengidentifikasi komposisi unsur seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur. Kualitas batubara sangat dipengaruhi oleh faktor geologi, termasuk umur, temperatur, dan tekanan selama proses pembentukannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran partikel terhadap kualitas batubara dengan menggunakan ukuran butir 40 dan 60 mesh yang dianalisis berdasarkan prosedur standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara dengan ukuran butir 40 mesh memiliki rata-rata kadar air sebesar 22,22%, kadar abu 5,83%, zat terbang 37,54%, dan karbon tertambat 34,15%. Sebaliknya, batubara dengan ukuran butir 60 mesh menunjukkan rata-rata kadar air sebesar 20,45%, kadar abu 6,80%, zat terbang 42,77%, dan karbon tertambat 29,99%. Temuan ini menegaskan bahwa ukuran partikel berpengaruh signifikan terhadap karakteristik proksimat batubara, yang pada gilirannya memengaruhi perilaku pembakaran serta potensi pemanfaatannya di pembangkit listrik dan industri lainnya.

**Kata kunci:** Batubara, Mesh, Proksimat, Kualitas

### 1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi dan kemajuan zaman kebutuhan bahan bakar relatif lebih tinggi terutama pada pemakaian bahan bakar fosil. Kehidupan di era sekarang tidak terlepas dari ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil sangat berperan aktif dalam sumber energi dan bahan bakar terutama pada sektor industri dan teknologi.

Indonesia memiliki potensi energi fosil yang cukup beragam yaitu minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Cadangan terbukti minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel, gas bumi sebesar 100,3 TCF (Trillion Cubic Feet), dan cadangan batubara sebesar 31,35 miliar ton. Bila diasumsikan tidak ada

penemuan cadangan baru maka minyak bumi akan habis dalam 13 tahun, gas bumi 34 tahun, dan batubara 72 tahun. Energi fosil telah menjadi penggerak pertumbuhan ekonomi Indonesia di masa lalu dan saat ini, namun di masa depan masih ada potensi energi lainnya seperti coal bed methane (metana lapisan batubara), shale gas (gas serpih), dan energi baru terbarukan yang perlu dioptimalkan pemanfaatannya [1-2].

Batubara sendiri merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika bersifat heterogen, mengandung unsur karbon, hidrogen, dan oksigen sebagai komponen utama serta belerang dan nitrogen sebagai komponen tambahan. Batubara mulai terbentuk sejak era

Carboniferous (periode pembentukan karbon) yang berlangsung antara 360–290 juta tahun lalu. Secara ringkas, batubara didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat hingga hitam, dapat terbakar, dan terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik.

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap, yaitu tahap penggambutan (peatification) dan tahap pembatubaraan (coalification). Gambut yang terendam lapisan tanah akan mengalami tekanan dan peningkatan temperatur, sehingga terbentuk kondisi lingkungan yang mendukung pembentukan batubara. Setelah gambut terbentuk, tahapan berikutnya mengubahnya menjadi batubara utuh melalui proses pembatubaraan. Ada dua teori utama dalam proses ini, yaitu teori insitu dan teori drift. Teori insitu menyatakan bahwa bahan pembentuk batubara terbentuk di lokasi asal tumbuhan, sehingga penyebarannya luas dan kualitasnya relatif merata karena kadar abu rendah [3]. Sebaliknya, teori drift menjelaskan bahwa bahan pembentuk batubara terbawa ke lokasi lain sebelum mengalami sedimentasi, sehingga kualitasnya cenderung lebih rendah karena banyak material pengotor yang ikut terbawa [3].

Berdasarkan tingkat pembentukan, batubara dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu: (1) Gambut, dengan kadar air >75% dan kadar mineral <50%, masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara; (2) Lignit atau batubara muda, rapuh dan kurang efisien sebagai sumber panas; (3) Sub-bituminus, memiliki kandungan karbon rendah dan kadar air tinggi; (4) Bituminus, mengandung 68–86% karbon dengan kadar air 8–10%, padat, hitam, rapuh, dan banyak digunakan di Indonesia; serta (5) Antrasit, tahap akhir pembentukan dengan kandungan karbon 86–98%, berwarna hitam berkilau, keras, padat, dan memiliki nilai kalor tertinggi [4].

Untuk menilai kualitas batubara, digunakan analisis ultimat dan proksimat. Analisis ultimat menentukan kandungan unsur kimia seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur insitu [5], biasanya dengan instrumen otomatis berbasis komputer. Sedangkan analisis proksimat digunakan untuk mengetahui kadar air, abu, zat terbang, dan karbon tertambat. Kadar air diukur dengan metode ASTM D3173, yaitu pemanasan pada suhu 104–110 °C hingga berat konstan. Abu diukur dengan metode ASTM D3174 pada suhu 700–750 °C selama 2 jam (Kurniawan dan Aryansyah, 2020). Zat terbang ditentukan dengan ASTM D3175, yaitu pemanasan pada suhu 950 °C selama 7 menit setelah penghilangan kadar air, untuk mengetahui kandungan gas yang mudah terbakar [6].

Kualitas batubara yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap perlu dianalisis terlebih dahulu agar sesuai dengan standar. Semakin tinggi kadar air dan abu, maka nilai kalor batubara akan semakin menurun. Oleh karena itu, analisis proksimat digunakan sebagai parameter penting dalam menentukan kelayakan batubara untuk aplikasi industri maupun pembangkit listrik.

Kualitas batubara dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter yang ditentukan melalui analisis proksimat maupun ultimat. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan dan Aryansyah menekankan bahwa karakteristik proksimat, khususnya kadar air, abu, dan zat terbang, memiliki peran penting dalam menentukan potensi swabakar selama penyimpanan batubara [7]. Upaya peningkatan kualitas

batubara berkalori rendah juga telah dikaji oleh Putri dan Fadhilah (2020) melalui proses upgrading brown coal dengan memanfaatkan minyak pelumas bekas, yang terbukti mampu memperbaiki nilai energi batubara [8]. Selain itu, kajian terbaru oleh Sardi dkk. (2023) memberikan gambaran lebih komprehensif mengenai kualitas batubara melalui analisis proksimat, ultimat, dan kadar sulfur pada formasi Bobong di Pulau Taliabu–Maluku, yang menjadi dasar penting untuk memahami karakteristik pembakaran dan kelayakan pemanfaatannya pada sektor energi [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kualitas batubara dengan variasi ukuran butir 40 dan 60 mesh menggunakan metode analisis proksimat dengan menggunakan standar ASTM

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode analisis proksimat yang mengacu pada standar ASTM untuk menentukan karakteristik kualitas batubara. Peralatan utama yang digunakan meliputi oven sebagai media pemanasan pada suhu rendah, cawan porselen tahan panas sebagai wadah sampel, desikator untuk mendinginkan sampel setelah pemanasan agar tidak terjadi penyerapan kelembaban dari udara, timbangan digital dengan ketelitian tinggi untuk mengukur massa sampel, serta furnace yang digunakan untuk pemanasan pada suhu menengah hingga tinggi. Bahan uji dalam penelitian ini berupa sampel batubara dengan variasi ukuran butir tertentu, sedangkan gas inert digunakan untuk mendukung kondisi uji sesuai prosedur standar agar tidak terjadi oksidasi berlebih yang dapat memengaruhi hasil pengukuran.

Prosedur pengambilan data diawali dengan pengujian kadar air. Sampel batubara ditimbang dengan seksama menggunakan timbangan digital dengan massa awal sekitar 1 gram, kemudian ditempatkan di dalam cawan porselen yang telah diketahui berat awalnya. Cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan pada suhu 105 °C hingga beratnya mencapai kondisi konstan, dengan lama pemanasan sekitar satu jam. Setelah itu, sampel dikeluarkan dan dibiarkan mendingin pada suhu ruang selama 30 menit sebelum dimasukkan ke dalam desikator. Proses pendinginan dalam desikator berlangsung selama 15 menit untuk mencegah interaksi dengan udara bebas. Selanjutnya, sampel ditimbang kembali dan hasil perbedaan massa dicatat untuk menghitung kadar air sesuai dengan rumus perhitungan yang telah ditetapkan oleh ASTM D3173 [10].

Pengujian kadar abu dilakukan dengan prinsip serupa, namun menggunakan furnace sebagai media pemanasan. Sampel batubara dengan massa awal 1 gram dimasukkan ke dalam furnace, kemudian dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 500 °C selama satu jam. Setelah itu, suhu dinaikkan hingga 750 °C dan dipertahankan selama dua jam untuk memastikan semua zat organik terbakar habis, sehingga yang tersisa hanyalah residu mineral anorganik berupa abu. Sampel kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit, dimasukkan ke dalam desikator selama 1 jam, dan ditimbang kembali untuk memperoleh nilai massa akhir. Persentase kadar abu dihitung dengan menggunakan persamaan standar ASTM D3174 [11].

Pengujian zat terbang dilakukan untuk mengetahui jumlah komponen yang mudah menguap dari batubara. Sampel ditimbang dalam cawan porselen kemudian

dimasukkan ke dalam furnace dengan temperatur 950 °C selama tujuh menit, sesuai dengan prosedur ASTM D3175 [12]. Setelah dipanaskan, sampel dibiarkan dingin selama satu jam sebelum dilakukan penimbangan ulang. Selisih massa sebelum dan sesudah pemanasan menunjukkan besarnya zat terbang yang terkandung dalam batubara, yang sebagian besar terdiri dari gas yang mudah terbakar maupun gas non-kondensasi. Kandungan zat terbang ini sangat penting karena memengaruhi reaktivitas batubara saat dibakar.

Sementara itu, pengujian kadar karbon tertambat tidak dilakukan secara langsung, melainkan dihitung secara tidak langsung melalui persamaan yang melibatkan kadar air, zat terbang, dan kadar abu. Nilai karbon tertambat diperoleh dengan mengurangi jumlah ketiga parameter tersebut dari 100 persen. Karbon tertambat ini merupakan fraksi batubara yang bertanggung jawab menghasilkan energi panas dalam waktu lebih lama selama proses pembakaran. Penentuan parameter ini sangat penting karena semakin tinggi kadar karbon tertambat, maka semakin besar pula potensi energi panas yang dihasilkan oleh batubara.

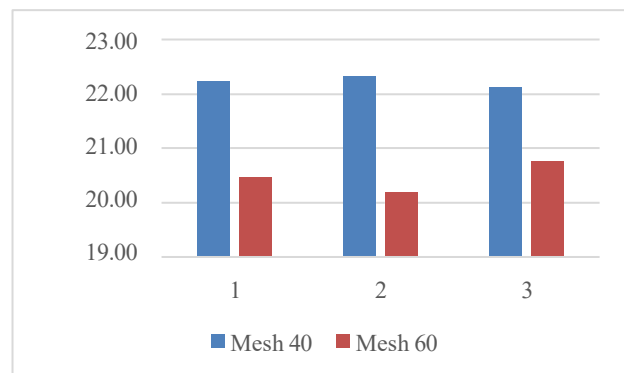
Dengan mengikuti prosedur analisis proksimat ini, penelitian mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang kualitas batubara, khususnya dalam hubungannya dengan ukuran butir yang berbeda. Hasil dari masing-masing pengujian memberikan kontribusi untuk memahami bagaimana karakteristik fisik dan kimia batubara memengaruhi efisiensi pembakaran serta potensi pemanfaatannya dalam industri, terutama sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap..

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis proksimat yang dilakukan sesuai standar ASTM, diperoleh data karakteristik batubara yang meliputi kadar air, kadar abu, kandungan zat terbang, dan karbon tertambat. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan variasi nilai pada setiap parameter sesuai dengan perbedaan ukuran butir sampel yang diuji.

#### 3.1 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter utama dalam analisis proksimat yang menunjukkan jumlah kelembapan yang terkandung di dalam batubara. Nilai kadar air sangat berpengaruh terhadap proses pembakaran karena kandungan air yang tinggi dapat menurunkan efisiensi panas serta memperbesar potensi terjadinya pembakaran spontan. Untuk mengetahui pengaruh ukuran butir terhadap kandungan air, dilakukan pengujian pada batubara berukuran 40 mesh dan 60 mesh dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kadar Air

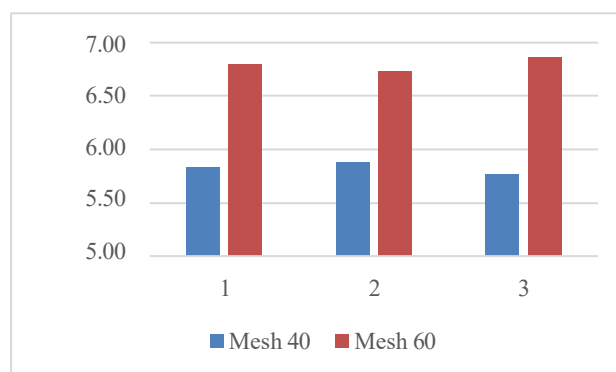
Gambar 1 menunjukkan nilai kadar air dengan ukuran 40 mesh pada sampel satu= 22,22%, sampel dua= 22,33%, sampel tiga= 22,12% dan nilai rata-ratanya adalah 22,22%, untuk nilai kadar air dengan ukuran 60 mesh pada sampel satu= 20,39%, sampel dua= 20,19%, sampel tiga= 20,75% dan nilai rata-rata nya adalah 20,45%.

Ketika ukuran butir semakin halus, diikuti oleh penurunan kelembapan air (inherent moisture). Kondisi ini disebabkan oleh penguapan kandungan inherent moisture yang lebih cepat terjadi pada ukuran butir yang lebih halus. Semakin halus ukuran butir batubara, juga akan menyebabkan semakin luasnya permukaan spesifik batubara sehingga lebih banyak air yang terlepas pada batubara.

Kadar air dalam batubara ditentukan berdasarkan massa yang hilang ketika batubara dipanaskan. Semakin tinggi kadar air, semakin rendah efisiensi pembakaran dan semakin besar risiko terjadinya pembakaran spontan (*spontaneous combustion*).

#### 3.2 Kadar Abu

Kadar abu menggambarkan sisa residu anorganik yang tertinggal setelah batubara dibakar pada suhu tinggi. Parameter ini penting untuk menilai sejauh mana kandungan mineral di dalam batubara dapat memengaruhi efisiensi dan kebersihan pembakaran. Kadar abu yang tinggi biasanya menunjukkan adanya campuran material pengotor seperti silika, alumina, dan pirit yang dapat menyebabkan slagging dan fouling pada sistem boiler. Perbandingan hasil pengujian kadar abu antara batubara berukuran 40 mesh dan 60 mesh disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kadar Abu

Pada Gambar 2 menunjukkan nilai kadar abu dengan ukuran 40 mesh pada sampel satu= 5,83%, sampel dua= 5,88%, sampel tiga= 5,77% dan nilai rata-ratanya adalah 5,83%, untuk nilai kadar abu dengan ukuran 60 mesh pada sampel satu= 6,80%, sampel dua= 6,73%, sampel tiga= 6,86% dan nilai rata-rata nya adalah 6,80%.

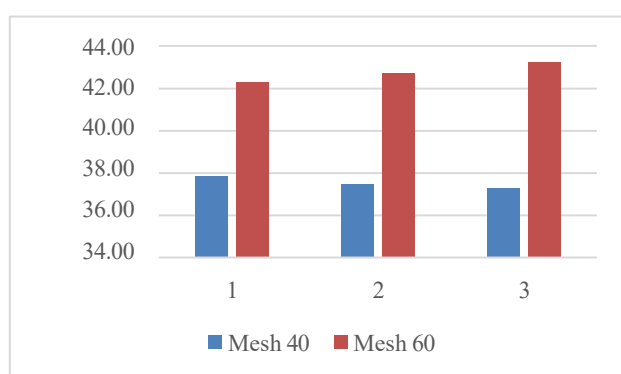
Hasil analisa proksimat pada Gambar 2 Menunjukkan bahwa kadar abu lebih tinggi pada ukuran butir yang halus dari sampel batubara. Hal ini disebabkan karena ukuran butir yang kecil dari mineral-mineral didalam batubara. Secara umum, kadar abu dan komponen mineral memiliki hubungan yang positif. Komponen mineral (pirit dan lempung) yang terdapat pada batubara, biasanya akan mengisi pori-pori selama proses pembentukan batubara, sehingga mineral dapat mudah terlibrasi selama proses penghancuran [13]. Semakin kecil ukuran butir batubara sebagai hasil proses peremukan atau pnggerusan,

kandungan mineral dan abu akan meningkat. Variasi nilai kandungan abu juga di pengaruhi oleh kerapuhan mineral yang berbeda.

Pada umumnya batubara memiliki karakteristik yang sama, dimana semakin tinggi kadar abu yang terdapat pada batubara maka dapat menyebabkan fouling dan slagging pada boiler dan berpotensi mencemari lingkungan.

### 3.3 Zat Terbang

Zat terbang atau volatile matter menunjukkan jumlah senyawa organik yang mudah menguap ketika batubara dipanaskan tanpa kehadiran udara. Kandungan zat terbang yang tinggi umumnya meningkatkan reaktivitas batubara dalam proses pembakaran, namun bila terlalu tinggi dapat menimbulkan pembentukan asap yang berlebih. Untuk melihat pengaruh ukuran butir terhadap nilai zat terbang, hasil analisis proksimat batubara pada ukuran 40 mesh dan 60 mesh ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Zat terbang

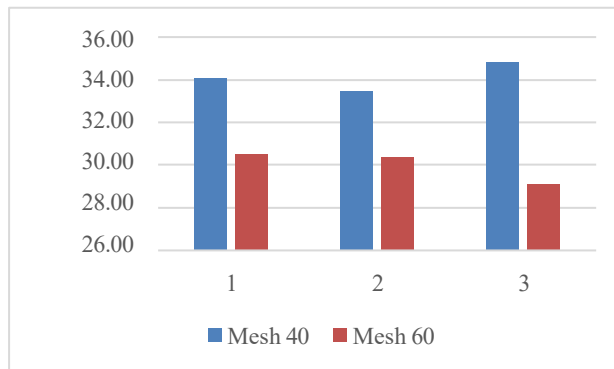
Pada Gambar 3 menunjukkan nilai zat terbang dengan ukuran 40 mesh pada sampel satu= 37,86%, sampel dua= 37,50%, sampel tiga= 37,25% dan nilai rata-ratanya adalah 37,54%, untuk nilai zat terbang dengan ukuran 60 mesh pada sampel satu= 42,31%, sampel dua= 42,72%, sampel tiga= 43,27% dan nilai rata-rata nya adalah 42,77%.

Kadar zat terbang (volatile matter) akan meningkat seiring dengan pengecilan ukuran butir. Peningkatan zat terbang ini salah satu penyebabnya adalah terkonsentrasinya maseral tertentu yang tidak dapat dihindari. Konsentrasi maseral terjadi karena tingkat grindability maseral yang berbeda. Zat terbang adalah bahan organik batubara yang terlepas terutama dari maseral virnit dan lipnit ketika dipanaskan pada tempertatur tertentu.

Semakin tinggi kadar volatile matter pada batubara akan mempercepat terjadinya pembakaran dan dapat meningkatkan reaktivitas pemabakaran. Namun apabila volatile matter terlalu tinggi juga dapat menghasilkan asap yang berlebih dan dapat menurunkan efisiensi pembakaran.

### 3.3 Karbon Tertambat

Karbon tertambat merupakan fraksi padatan dalam batubara yang berperan langsung dalam menghasilkan energi panas selama proses pembakaran. Nilai karbon tertambat yang tinggi menandakan potensi kalor yang besar dan efisiensi energi yang lebih baik. Analisis karbon tertambat juga mencerminkan sisa bahan padat setelah seluruh zat terbang dan abu terlepas. Gambar 4. menunjukkan perbandingan nilai karbon tertambat antara batubara berukuran 40 mesh dan 60 mesh.



Gambar 4. Grafik Karbon Tertambat

Gambar 4 menunjukkan nilai Karbon tertambat dengan ukuran 40 mesh pada sampel satu= 34,09%, sampel dua= 34,49%, psampel tiga= 34,86% dan nilai rata-ratanya adalah 34,15%, untuk nilai karbon tertambat dengan ukuran 60 mesh pada sampel satu= 30,50%, sampel dua= 30,36%, sampel tiga= 29,12% dan nilai rata-rata nya adalah 29,99%.

Kadar karbon tertambat (fixed carbon) akan cenderung menurun seiring dengan pengecilan ukuran butir batubara. Karbon tertambat diperoleh dari hasil determinasi kadar kelembaban air, kadar abu, dan zat terbang dengan metode standar. Karbon tertambat mewakili residu yang tersisa dari sisa pembakaran. Semakin turun kadar karbon tertambat pada ukuran butir yang lebih halus dapat dikaitkan dnegan variasi kandungan abu atau mineral yang ada. Pada ukuran butir yang lebih halus, memberikan distribusi karbon tertambat yang lebih merata, butuiran yang lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaan kontak dan reaktivitas karbon tertambat dalam proses pembakaran.

Pada penelitian ini, kadar karbon yang rendah di sebabkan oleh tingginya kadar zat volatile matter. Jika zat volatile matter rendah, maka kadar karbon akan meningkat. Begitu juga sebaliknya jika zat volatile tinggi maka kadar karbon akan rendah. Semakin tinggi kandungan kadar karbon terikat dalam bahan bakar, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan karbon maka akan menghasilkan energi panas yang lebih tinggi saat pembakaran dan meningkatkan efisiensi energi. Kandungan karbon yang tinggi pada batubara juga dapat meningkatkan peringkat (rank) batubara.

### 4. Kesimpulan

Hasil analisis proksimat terhadap batubara dengan variasi ukuran butir menunjukkan adanya perbedaan karakteristik yang cukup signifikan. Batubara dengan ukuran 40 mesh memiliki kadar air rata-rata sebesar 22,22%, kadar abu 5,83%, zat terbang 37,54%, dan karbon tertambat 34,15%, sedangkan batubara dengan ukuran 60 mesh memiliki kadar air rata-rata sebesar 20,45%, kadar abu 6,80%, zat terbang 42,77%, dan karbon tertambat 29,99%. Temuan ini menegaskan bahwa ukuran mesh berpengaruh terhadap kualitas batubara yang dianalisis melalui metode proksimat. Ukuran mesh yang lebih besar (40 mesh) cenderung menghasilkan kadar air dan karbon tertambat yang lebih tinggi, sementara ukuran mesh yang lebih halus (60 mesh) menunjukkan kadar abu dan zat terbang yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan ukuran butir batubara perlu diperhatikan secara cermat karena dapat

memengaruhi karakteristik pembakaran dan potensi penggunaannya pada berbagai aplikasi industri maupun pembangkit listrik.

## Referensi

- [1] T. F. Yuniar, P. Burhan, and Y. Zetra, "Analisa Biomarka Batubara Muara Enim Sumatera Selatan sebagai Sumber Coalbed Methane," 2016.
- [2] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, *Outlook Energi Indonesia 2018*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, 2018.
- [3] D. F. Ardhiyarsari, "Analisa Data Proksimat Dan Perhitungan Volume Batubara Berdasarkan Data Log Densitas Dan Gamma Ray Dari Lapangan 'TG' PT. Sucofindo (Persero), Tbk," Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [4] Mulyana, "Peningkatan Kualitas Batubara dengan Menggunakan Pelumas Bekas di PT. Indonesia Power PLTU Barru OMU," 2021.
- [5] Z. Nur, M. Oktavia, and D. Desmawita, "Analisis Kualitas Batubara di Pit dan Stockpile dengan Metoda Analisis Proksimat di PT. Surya Anugrah Sejahtera Kecamatan Rantau Pandan Kabupaten Bungo Provinsi Jambi," *Jurnal Mine Magazine*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [6] F. Febryanti and D. Yulhendra, "Analisis Penentuan Kualitas Batubara Berdasarkan Uji Proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi," *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, vol. 7, no. 3, pp. 143–150, 2022.
- [7] I. Kurniawan and A. Aryansyah, "Analisis Kualitas Batubara sebagai Penentu Faktor Swabakar," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 2020.
- [8] R. Z. Putri and F. Fadhilah, "Peningkatan Kualitas Batubara Low Calorie Menggunakan Minyak Pelumas Bekas Melalui Proses Upgrading Brown Coal," *Bina Tambang*, vol. 5, no. 2, pp. 208–217, 2020.
- [9] B. Sardi, M. Ripky, F. A. Marhum, S. Nampo, and M. Arif, "Analisis Proksimat, Ultimat, dan Kadar Sulfur dalam Penentuan Kualitas Batubara pada Formasi Bobong Pulau Taliabu-Maluku," *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 45–53, 2023.
- [10] ASTM D3173-03, *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, ASTM International, 2008.
- [11] ASTM D3174-04, *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal*, Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2006.
- [12] ASTM D 3175-07, *Standard Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke*, ASTM International, 2007.
- [13] Y. Chen, Y. Qin, Z. Luo, T. Yi, C. Wei, C. Wu, and G. Li, "Compositional shift of residual gas during desorption from anthracite and its influencing factors," *Fuel*, vol. 250, pp. 65–78, 2019.